Especificação, Modelação e Projecto de Sistemas Embutidos

Tópicos sobre redes de comunicação para SE

Paulo Pedreiras

pbrp@ua.pt

Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática
Universidade de Aveiro

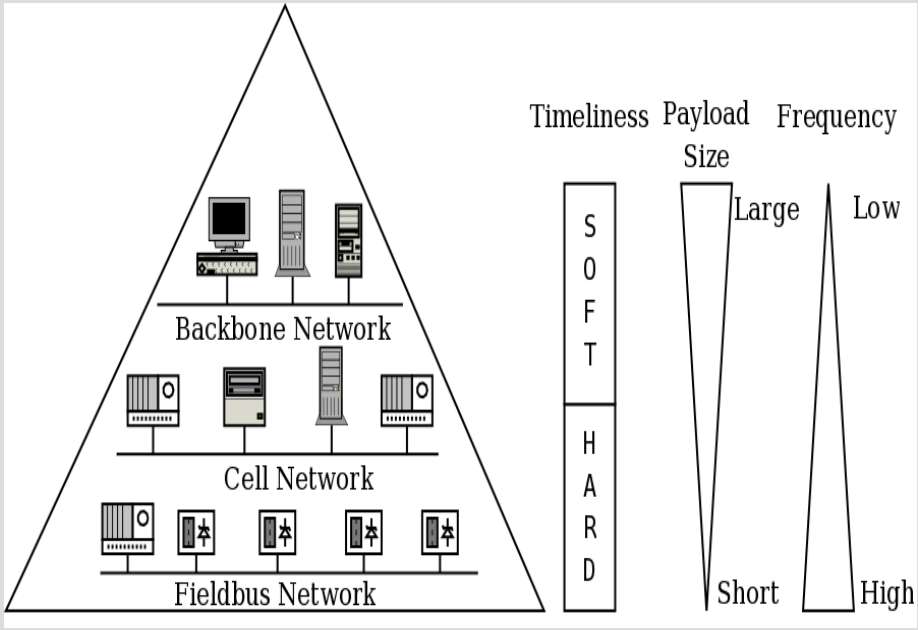
V1.0 Novembro/2008

Redes de comunicação para SE

- Ao longo dos últimos anos tem havido uma crescente tendência para o emprego de **arquitecturas distribuídas** em SE
- Esta tendência nasceu no domínio da automação industrial, tendo por motivação a **redução** e **simplificação** da cablagem, simplificação da **manutenção** e **detecção de avarias**, …
- Entretanto esta tendência **alargou-se** muitos dos domínios de aplicação dos SE
- Há diversas **especificidades** associadas a este domínio de aplicação, levando a que tenham sido desenvolvidos **protocolos específicos**

Requisitos

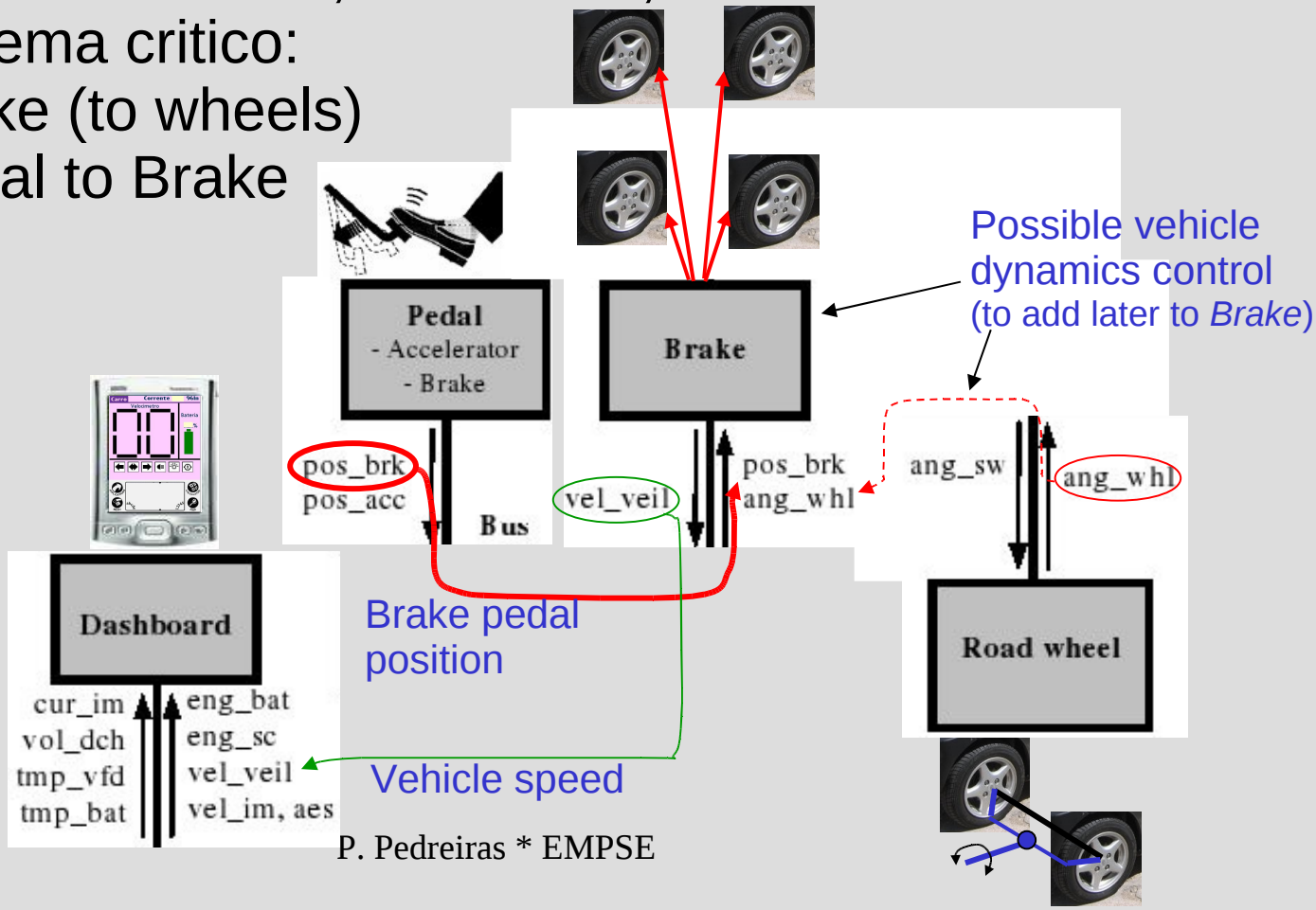
Estas redes possuem **requisitos distintos** das redes de dados “vulgares”



- **Padrão de tráfego**
  - Pacotes “pequenos”
  - e muito frequentes
- **Baixo peso computacional**
  - *Stacks* simplificadas, tipica/ 3 níveis (Phy/DL/App)
- **Comportamento tempo-real**
  - Latência e *jitter* determinísticos
- **Robustes** e **tolerância a falhas**
- Facilidade de **manutenção e diagnóstico**
- **Segurança,** ...

Exemplo: subsistema de travagem de um veículo eléctrico

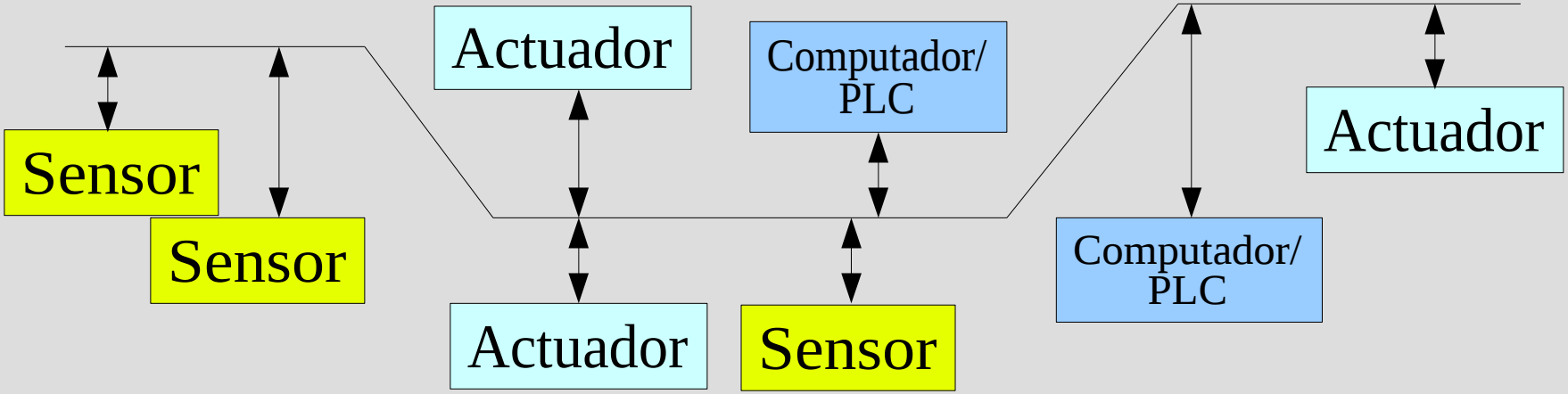
- Exemplo: *Brake-by-wire*
  - **VEIL** – Veículo Eléctrico Isento de Licença de condução
  - Parceria entre ISEC, IEETA/UA, IPCB
  - Subsistema critico:
    - Brake (to wheels)
    - Pedal to Brake



Arquitectura

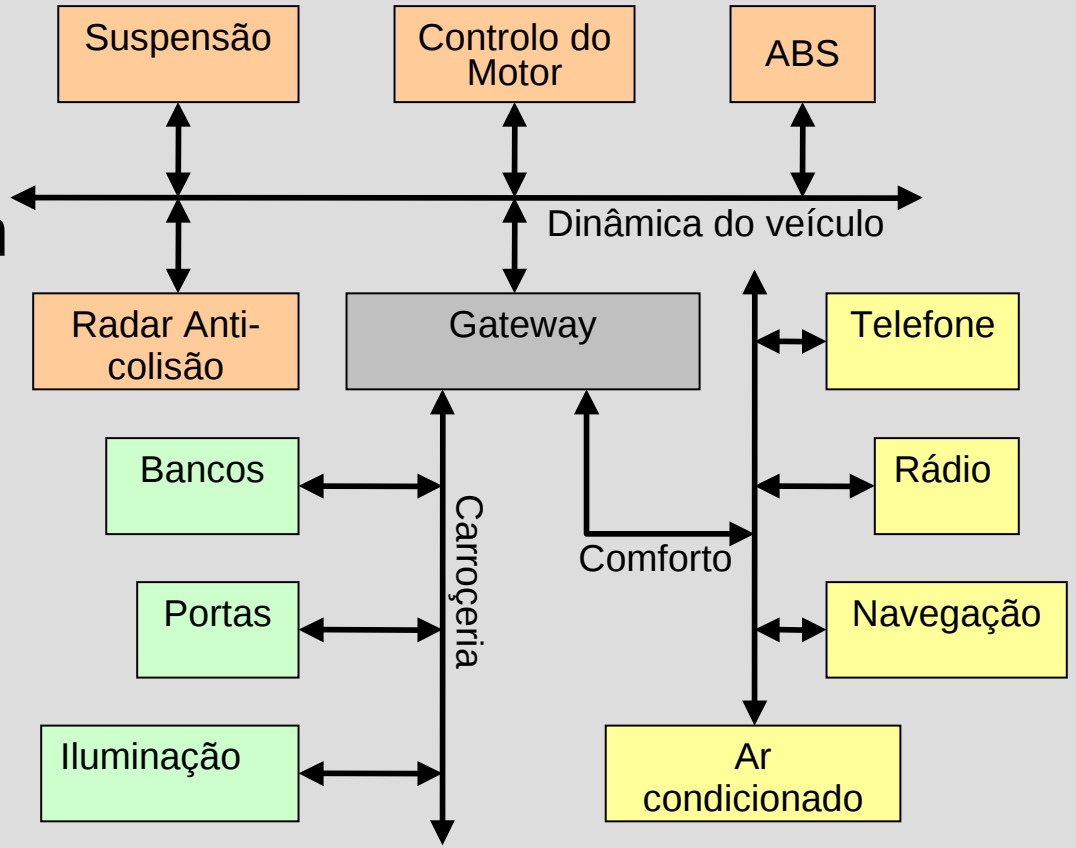
São possíveis **Arquitecturas Centralizadas** (uma única unidade de processamento) ou **Distribuídas** (múltiplas unidades de processamento)

- **Simplificação** e **redução de cablagens**
- **Dados** dos sensores podem ser **partilhados** (arq. dist.)
- **Processamento** pode ser **distribuído** por vários nós
  - E.g. os sensores podem efectuar localmente filtragem/ condicionamento de sinal; uma tarefa complexa pode ser separada em sub-tarefas alocadas a diferentes nós



Exemplo

Arquitectura “típica” do sub-sistema de comunicação de um veículo automóvel actual



Nota: é **frequente** a utilização de **diferentes protocolos** (e.g. CAN, LIN, FlexRay) no **mesmo veículo!**

CAN – Controller Area Network

- Protocolo criado pela Bosch, GmbH, para uso na **indústria automóvel**
- Standards ISO 11519 (94) e 11898 (95)
- **Uso generalizou-se**, estendendo-se a controlo de processos, automação, e aplicações embutidas em geral, ...
- Define apenas a **camada física** e de **ligação de dados**
- Diversas camadas de aplicação
  - CANOpen, DeviceNet, …

CAN

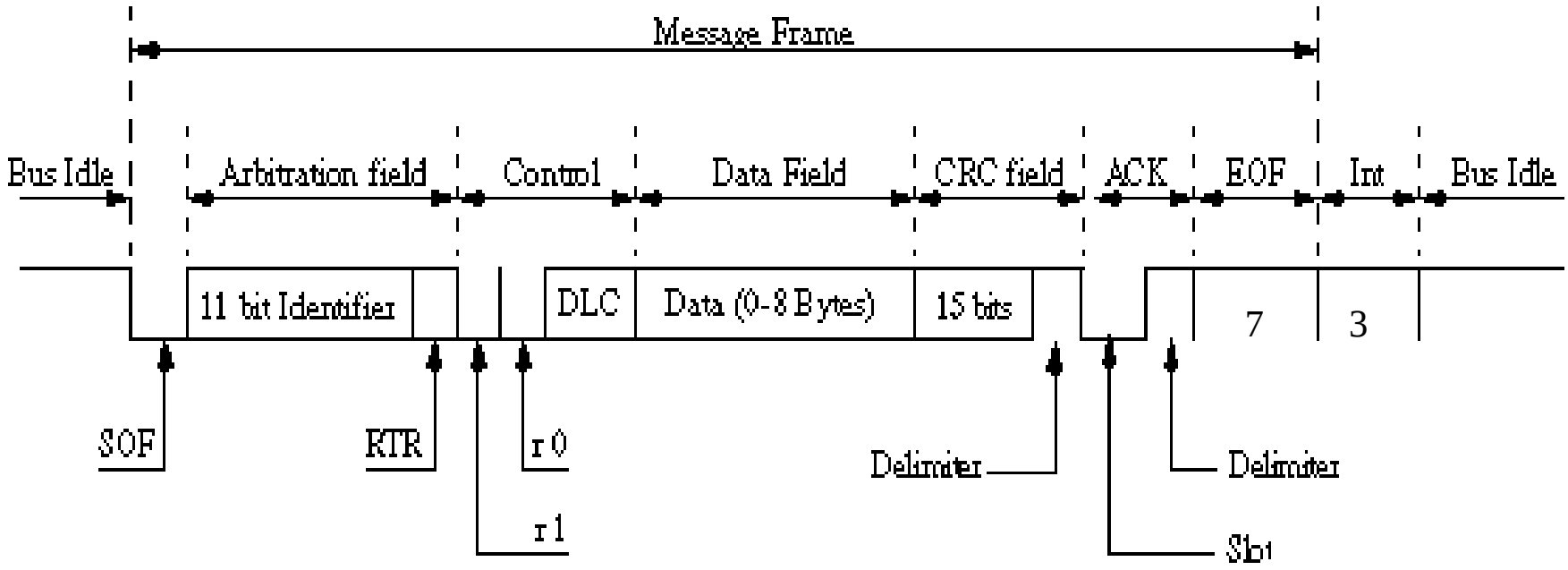
- Algumas **propriedades**
  - Barramento **série**, multi-master, *broadcast*
  - Taxas de transmissão entre 5 Kb/s e 1 Mb/s
  - **Tamanho** máximo do bus **depende da velocidade**
    - aprox. 40m @ 1Mbit/s, 1Km @ 50Kbit/s)
  - **Número** máximo de **nós** num segmento **depende dos *transceivers*** (32, 64, 128…)
  - **Detecção de erros** por CRC com 15bit
  - **Confinamento de erros**
    - Nós entram em “bus off” após N erros)
  - **Recuperação de erros**
    - Retransmissão de mensagens

CAN

- Acesso **assíncrono** ao bus
- Trama pode conter entre **0 e 8 bytes de dados**!
- *Source-addressing*
  - **Identificador** associado à **mensagem** e não ao transmissor/receptor
  - Identificador com 11/29 bit (versão A/B resp.)
- Mecanismo de **arbitragem não destrutivo** e prioritizado, baseado nos identificadores
- **Resolução** de colisões bit-a-bit (*bit-wise*) **determinística**
  - CSMA/BA (NBA?,CA?,DCR?)

CAN

Formato da trama CAN



SOF: start of frame
RTR: Remote transmission request
r0,r1: reserved bits

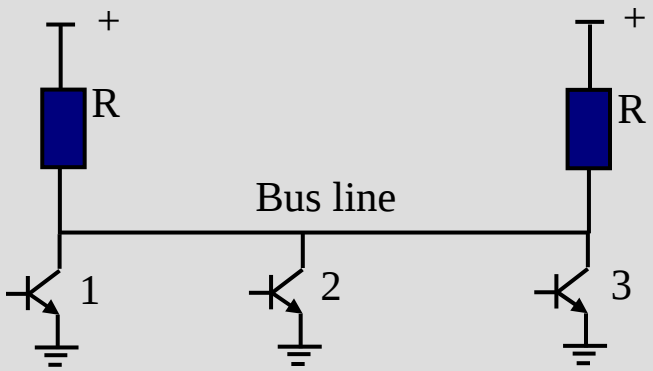
ACK: acknowledgement field
EOF: end of frame
Int: intermission gap

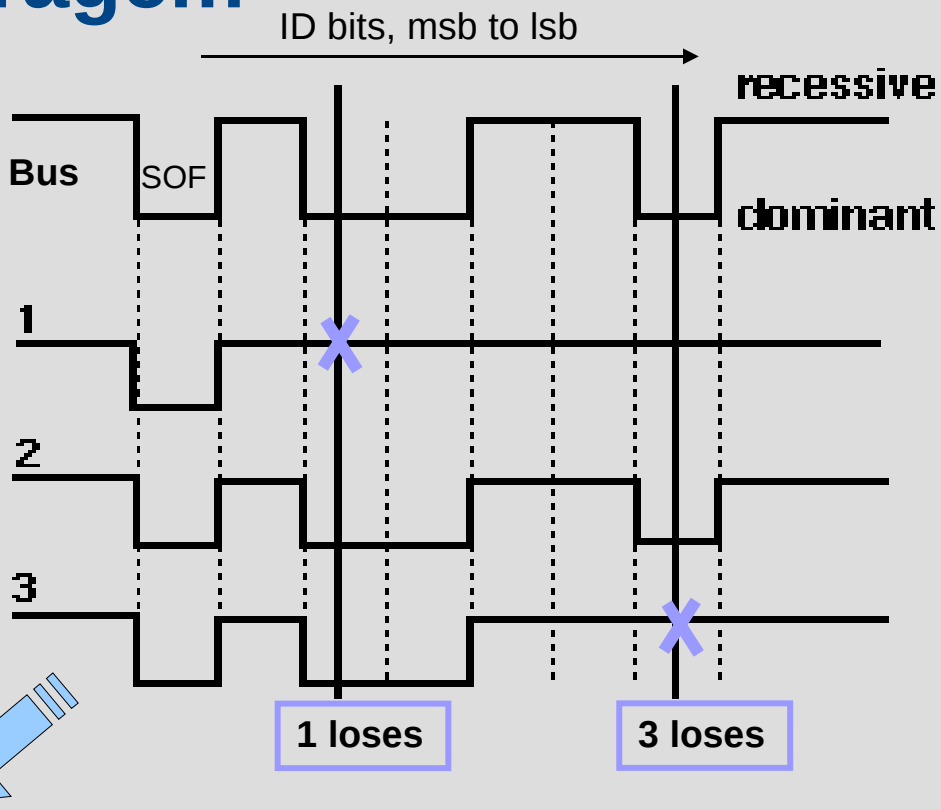
CAN

Mecanismo de **arbitragem**

Wired-AND implementado a nível dos drivers

- '**0**' – Nível dominante
- '**1**' – Nível recessivo





- Todos os nós que **transmitem observam** o bus em paralelo
- Se **transmitem** um bit **recessivo** e **lêem** um bit **dominante**
  >>> **Arbitragem perdida, retiram-se do processo**
- **IDs** das mensagens têm de ser **diferentes**!

FlexRay

- Desenvolvido por um **consórcio de empresas:** “FlexRay consortium”, BMW, Ford, Bosch,...
- **Combinação** de conceitos da **TTA** (Kopetz) com **Byteflight** (protocolo desenvolvido pela BMW)
- Especificado em SDL
- Objectivos:
  - **Determinismo** temporal e **tolerância a erros**
  - **Largura de banda >> protocolo CAN**
    - » Inicialmente 10Mbit/sec, maiores velocidades possíveis;
  - Baseado em TDMA (Time Division Multiple Access)
    - » **Slots fixos** com **acesso exclusivo** ao bus
  - Estrutura cíclica baseada em **duas fases** (segmentos), uma **estática** e outra **dinâmica**

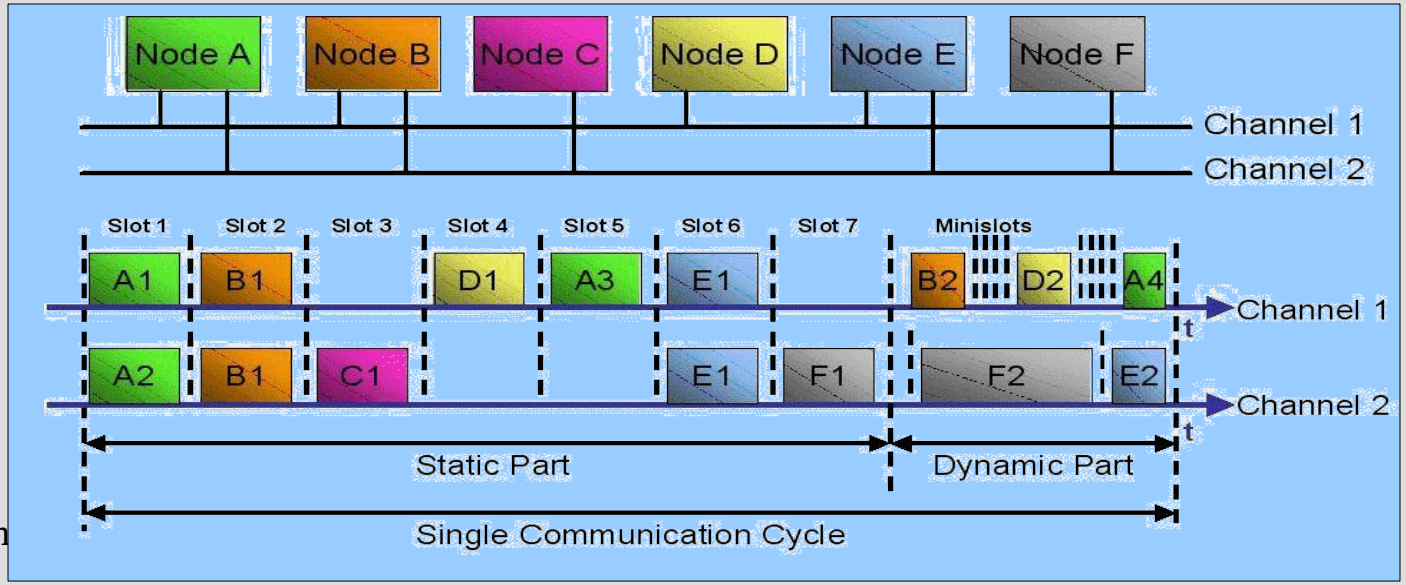
FlexRay: ciclo de comunicação

Fase estática:

- **Acesso exclusivo** ao bus. **Escalonamento** definido em ***pre-runtime***. **Slots de tamanho fixo**. **Redundância** (mesma mensagem pode ser opcional/ tx. em ambos os canais)

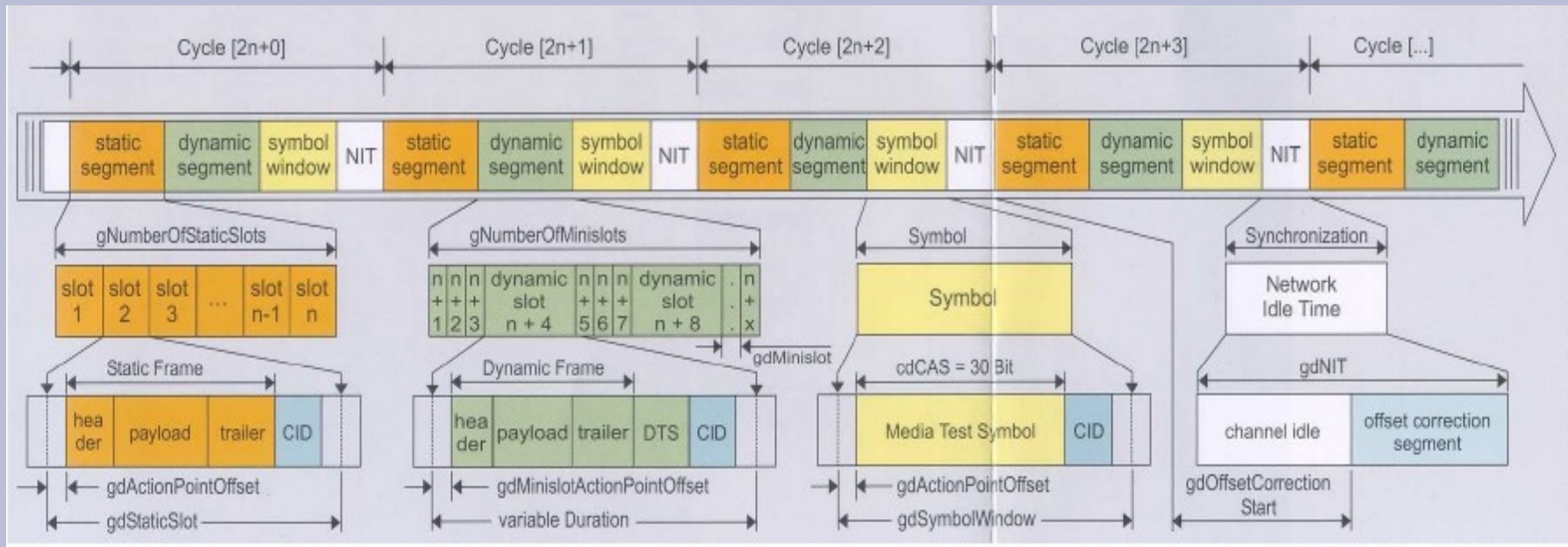
Parte dinâmica:

- **Segmentos** com **tamanho dinâmico**, **arbitragem** baseada em ***mini-slotting***, **transmissão assíncrona** (transmissão apenas quando explicitamente requerido pela aplicação)



http://www.tzm.de/FlexRay/FlexRay_Introduction.html

Intervalos temporais em Flexray

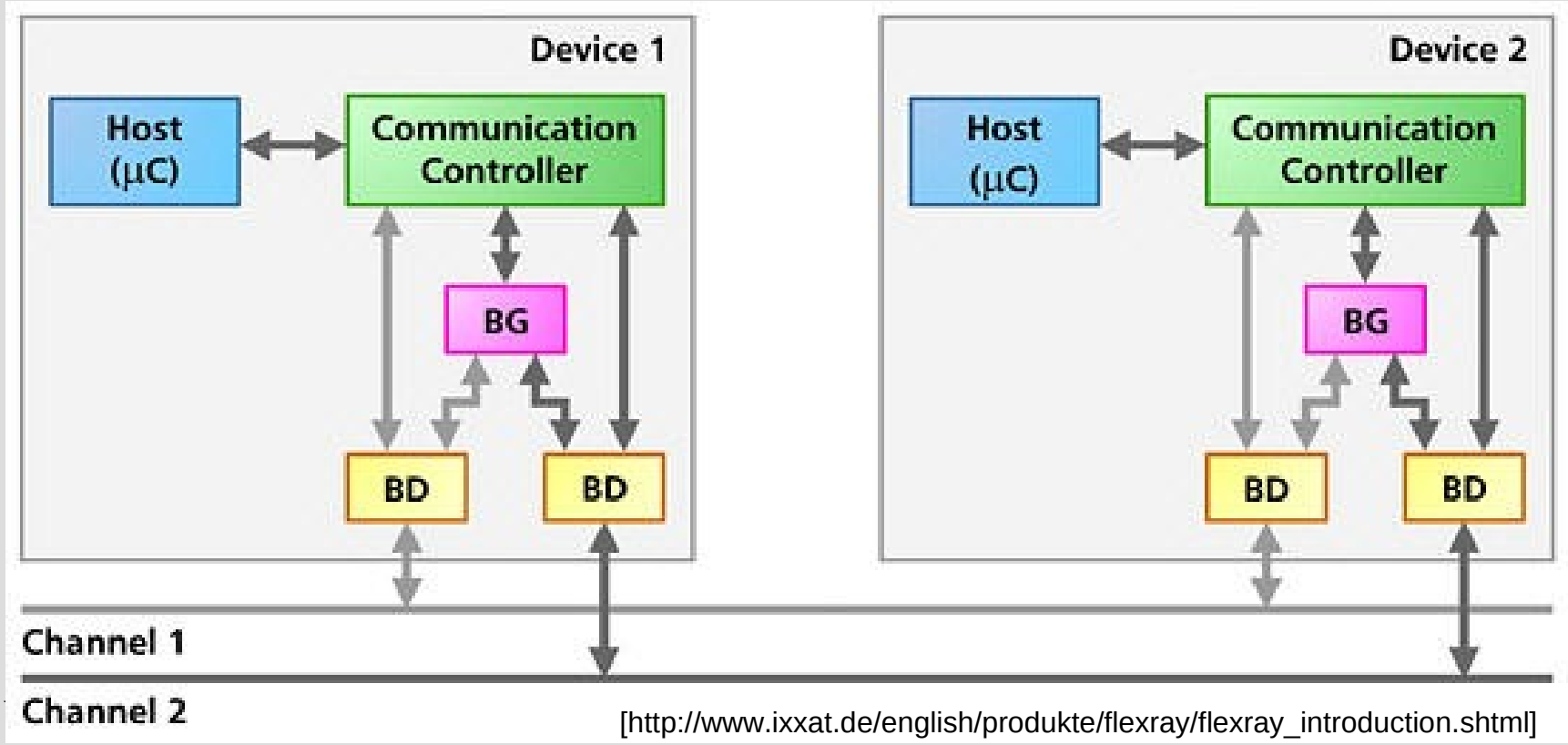


- **Microtick (*μt*)** = período de relógio local (pode variar entre nós do sistema)
- **Macrotick (*mt*)** = unidade básica de tempo, sincronizada entre os diversos nós do sistema (=$r_i \times \mu t$, r_i varia entre os nós)
- **Slot** = Intervalo alocado por transmissor no segmento estático (=$p \times mt$, p: fixo em runtime mas configurável
- **Minislot** = Intervalo alocado por transmissão na fase dinâmica (=$q \times mt$, q: variável) *mini-slot* curto quando não há transmissão
- **Cycle** = Segmento estático + segmento dinâmico + tempo *idle*

Estrutura das redes Flexray

São utilizados “Bus guardians” que **protegem** o sistema de **falhas no domínio temporal**

- e.g. “babbling idiots”



[http://www.ixxat.de/english/produkte/flexray/flexray_introduction.shtml]

Sumário

- Redes de comunicação para SE
  - Requisitos
  - Caracterização geral
  - Arquitecturas
  - Exemplos:
    - CAN
    - FlexRay